

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

SUN-HYOK CHANG, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **fiber amplifier and control method
thereof**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

REQUEST FOR PRIORITY

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>DATE OF FILING</u>
Korea	10-2003-0016113	14 March 2003


☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 10/29/02

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor
Los Angeles, California 90025
Telephone: (310) 207-3800


Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2003-0016113
Application Number

출원년월일 : 2003년 03월 14일
Date of Application MAR 14, 2003

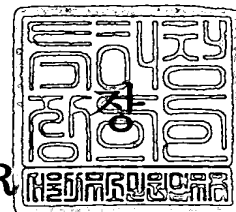
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003 년 09 월 09 일

특 허 청

COMMISSIONER





1020030016113

출력 일자: 2003/9/17

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.03.14
【발명의 명칭】	광섬유 증폭기 및 이의 제어 방법
【발명의 영문명칭】	A Fiber Amplifier and A Controlling Method of the same
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	이원일
【포괄위임등록번호】	2001-038431-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	장순혁
【성명의 영문표기】	CHANG,SUN HYOK
【주민등록번호】	720323-1721419
【우편번호】	305-721
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 하나아파트 110동 1101호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정희상
【성명의 영문표기】	CHUNG,HEE SANG
【주민등록번호】	690924-1648510
【우편번호】	305-761
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 464-1번지 엑스포아파트 106동 102호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	한진수
【성명의 영문표기】	HAN,JIN S00
【주민등록번호】	700826-1221114



1020030016113

출력 일자: 2003/9/17

【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 125동 1505호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김승관
【성명의 영문표기】	KIM, SEUNG KWAN
【주민등록번호】	681008-1074317
【우편번호】	305-503
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 한마을아파트 102동 601호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이원경
【성명의 영문표기】	LEE, WON KYOUNG
【주민등록번호】	760616-2110214
【우편번호】	607-120
【주소】	부산광역시 동래구 사직동 27-32번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	주무정
【성명의 영문표기】	CHU, MOO JUNG
【주민등록번호】	580206-1009614
【우편번호】	305-340
【주소】	대전광역시 유성구 도룡동 397-17번지
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 유미특허법인 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	14 면 14,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	19 항 717,000 원

【합계】	760,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	380,000 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 3단의 증폭기로 구성된 광섬유 증폭기에서 입력 채널 수가 변화하여도 항상 일정한 이득을 얻을 수 있도록 설계된 자동 이득 제어 기능과 스펙 손실의 변화 등에 의하여 입력 광파워가 변화하여도 항상 일정한 채널별 출력을 얻을 수 있도록 고안된 자동 출력 파워 레벨 제어 기능을 구현하는 방법을 제시하고 있다.

본 발명에 따르면 입력 광파워 또는 특정 파장의 입력 광파워를 모니터하여 제어부에서 그 변화를 인식한 후, 록업 테이블로부터 입력에 맞는 펌프 레이저 다이오드의 전류값을 읽어 오고, 이 값에 맞게 펌프 레이저 다이오드를 구동한다. 이 때, 제1단의 증폭기의 펌프 파워는 일정하게 두고, 제2단의 분산보상광섬유에서의 전이시간을 이용하여 제2단 증폭기 또는 제3단 증폭기의 펌프 파워만을 조절함으로써, 출력에서의 과도응답특성을 충분히 억제할 수 있도록 하였다.

【대표도】

도 2

【색인어】

광섬유 증폭기, 라만 증폭기, 이득제어, 출력레벨제어

【명세서】**【발명의 명칭】**

광섬유 증폭기 및 이의 제어 방법{A Fiber Amplifier and A Controlling Method of the same}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 광섬유 증폭기가 적용되는 기본적인 증폭기 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 자동 이득 제어 기능을 가지는 본 발명의 제1 실시예에 따른 광섬유 증폭기의 구조를 나타내는 도면이다.

도 3은 도 2에 도시한 광섬유 증폭기에서 자동 이득 제어 기능을 수행하는 플로 차트이다.

도 4는 자동이득제어 기능이 동작하지 않을 경우의 과도응답특성을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따라 자동이득제어 기능이 동작하는 경우의 과도응답특성을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따라 자동이득제어 기능이 동작하는 광섬유 증폭기에서의 이득(G)과 잡음지수(NF)를 측정한 도면이다.

도 7은 자동 출력 파워 레벨 제어 기능을 가지는 본 발명의 제2 실시예에 따른 광섬유 증폭기의 구조를 나타내는 도면이다.

도 8은 도 7에 도시한 광섬유 증폭기에서 자동 출력 파워 레벨 제어기능을 수행하는 플로 차트이다.

도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따라 자동 출력 파워 레벨 제어 기능이 동작하는 광섬유 증폭기에서의 이득(G)과 잡음지수(NF)를 측정한 도면이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <10> 본 발명은 광파워 증폭기 및 이의 제어방법에 관한 것으로서, 특히 3단의 이득 블록으로 구성된 광섬유 증폭기에서의 이득 및 출력 파워 레벨의 제어방법에 관한 것이다.
- <11> 최근 인터넷의 급속한 발전에 힘입어 전송 용량의 수요가 급격히 증가하고 있는데, 파장 분할다중(wavelength division multiplexing, 이하 'WDM'이라 함) 광전송 시스템은 이러한 전송 용량 수요를 충족시킬 만한 해결책으로 대두되고 있다.
- <12> 이러한 광전송 시스템에서는 광신호를 보다 멀리 전달하기 위해 광신호를 증폭하는 광증폭기의 개발이 필수적인데, 최근 어븀첨가광섬유 증폭기(Erbium doped fiber amplifier, 이하 'EDFA'라 함)나 광섬유 라만 증폭기 (fiber Raman amplifier, 이하 'FRA')등의 광섬유 증폭기가 넓은 이득 밴드 (gain bandwidth)를 가지고 있어 WDM 전송 시스템에서의 증폭기로 유용하게 이용되고 있다.
- <13> 한편, 최근의 광전송 시스템은 전송 용량 못지 않게 네트워크 시스템으로서의 적응성 (flexibility)을 가지는 것이 중요한데, 특히 전송 용량의 조절이 가능하여야 한다. 이때, 전송 용량은 전송 신호광의 채널 (signal channel) 수로 결정되는데, 전송 중의 채널의 증가 (add) 또는 감소(drop)에 의해 시스템이 영향을 받지 않는 것이 바람직하다.

- <14> 그러나, 기존의 WDM 광전송 시스템의 광섬유 증폭기들은 신호 광채널의 수가 변하여 입력 광파워가 달라지면, 증폭기에서의 이득(gain)이 달라지는 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는, 광섬유 증폭기가 이득 레벨을 일정하게 유지하는 자동 이득 제어(automatic gain control, 이하 'AGC'라 함) 기능을 가져야 한다.
- <15> 또한 종래의 광증폭기에 따르면, 전송 스패(span)의 구성이 다르거나 기타 환경적인 요인에 의하여 전송 스패 손실(span loss)이 다를 수 있는데, 전송 스패 손실이 다르면 증폭기의 입력이 다르므로 출력 값이 달라진다는 문제점이 있었다. 따라서, 스패 손실에 의하여 입력이 달라지더라도 일정한 출력을 얻을 수 있도록 하는 기능인 자동 출력 파워 레벨 제어(automatic level control, 이하 'ALC'라 함) 기능이 또한 필요하다.
- <16> 광섬유 증폭기(특히 EDFA)에서 상기한 AGC, ALC의 기능을 구현한 결과들이 여러 논문, 특허 등에서 발표된 바 있다. K. Motoshima (IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol.19, No.11, pp.1759-1767, Nov.2001) 등은 3단의 이득블록을 가지는 EDFA에서 각 이득블록의 입출력을 모니터한 후, 각 이득블록별로 AGC 회로에 의해 펌프 레이저 다이오드(laser diode; 이하 'LD'라 함)의 광파워를 조절함으로써 AGC의 기능을 구현하였다. 또한 상기 논문은 최종 출력에서 특정 채널의 파워를 필터링(filtering)하여 측정한 후 이 광파워가 일정하도록 1단과 2단 사이에 놓인 가변 광감쇄기(variable optical attenuator)를 조정함으로써 ALC의 기능을 구현하였다.
- <17> 상기 논문에서 제시된 방법 이외에도 여러 가지 방식의 AGC, ALC의 방법이 보고된 바 있으나, K. Motoshima의 논문에서와 같이 펌프 LD의 출력파워를 조절하는 방법이 기술적으로 가장 안정되고, 신뢰할 만한 방법인 것으로 알려져 있다.

<18> 그러나, 상기한 논문에 기재된 방법에 따르면, AGC 및 ALC를 구현하기 위해 각 이득블록 별로 별도의 회로를 구비하여 이득 및 출력 광파워 레벨을 일정하도록 제어하기 때문에, 회로가 그만큼 복잡해져 비용이 증가한다는 문제점이 있었다. 또한 출력단에서의 과도응답특성(transient effects)을 충분히 작게 만들기 위해서는 상당히 빠른 속도 (< 5usec)의 제어 회로가 필요되는 문제점이 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<19> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서 간단한 회로를 통해 AGC, ALC 기능을 구현하여, 입력 채널 수나 입력 파워에 관계없이 항상 일정한 채널별 출력을 얻도록 하기 위한 것이다.

<20> 또한, 본 발명은 빠른 속도의 제어 회로를 이용하지 않으면서도, 출력단에서의 과도응답 특성을 충분히 억제하기 위한 AGC, ALC 방법을 제시하기 위한 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<21> 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 하나의 특징에 따른 광섬유 증폭기는

<22> 제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기;

<23> 제2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제1단 증폭기의 출력 광을 수신하여 라만 이득을 발생시키는 제2단 증폭기;

<24> 제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기; 및

- <25> 상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 입력 광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 이득을 얻도록 하는 자동 이득 제어부를 포함한다.
- <26> 또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 광섬유 증폭기는
- <27> 제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기;
- <28> 제2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제1단 증폭기의 출력광을 수신하여 라만이득을 발생시키는 제2단 증폭기;
- <29> 제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기; 및
- <30> 상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 특정 채널의 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 특정 채널의 입력광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 출력 파워 레벨을 얻도록 하는 자동 출력 파워 레벨 제어부를 포함한다.
- <31> 본 발명의 또 다른 특징에 따른 광섬유 증폭기는
- <32> 제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기;

- <33> 제2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제1단 증폭기의 출력 광을 수신하여 라만 이득을 발생시키는 제2단 증폭기;
- <34> 제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기;
- <35> 상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 입력 광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 이득을 얻도록 하는 자동 이득 제어부; 및
- <36> 상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 특정 채널의 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 특정 채널의 입력광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 출력 파워 레벨을 얻도록 하는 자동 출력 파워 레벨 제어부를 포함한다.
- <37> 한편, 본 발명의 하나의 특징에 따른 광섬유 증폭기의 제어방법은
- <38> 제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기, 제2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제1단 증폭기의 출력광을 수신하여 라만이득을 발생시키는 제2단 증폭기, 및 제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제2 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법으로서,

- <39> (a) 상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 입력 파워의 변화를 모니터링하는 단계;
- <40> (b) 변화된 입력 파워에 해당하는 펌프 파워를 구하는 단계; 및
- <41> (c) 상기 구해진 펌프 파워에 기초하여 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 이득을 얻도록 하는 단계를 포함한다.
- <42> 한편, 본 발명의 다른 특징에 따른 광섬유 증폭기의 제어방법은
- <43> 제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기, 제2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제1단 증폭기의 출력광을 수신하여 라만이득을 발생시키는 제2단 증폭기, 및 제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법으로서,
- <44> (a) 상기 제1단 증폭기에 입력되는 특정 채널의 광의 입력 파워의 변화를 모니터링하는 단계;
- <45> (b) 변화된 특정 채널의 광의 입력 파워에 해당하는 펌프 파워를 구하는 단계; 및
- <46> (c) 상기 구해진 펌프 파워에 기초하여 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 출력 파워 레벨을 얻도록 하는 단계를 포함한다.
- <47> 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다.
- <48> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 광섬유 증폭기가 적용되는 기본적인 구조를 나타내는 도면이다.
- <49> 도 1에서, 광섬유 증폭기의 기본 구조는 3단의 증폭기 구조를 가지고 있다.

- <50> 즉, 본 발명의 실시예에 따른 광섬유 증폭기는 제1단 증폭기인 높은 밀도 반전을 이루도록 구성된 어븀첨가 광섬유 증폭기(EDFA)(100), 제2단 증폭기인 분산보상광섬유(DCF)를 후방향 펌핑(backward pumping)하여 라만 이득을 얻도록 한 분산보상 라만 증폭기(dispersion compensating Raman amplifier, DCRA)(200), 그리고 제3단 증폭기인 높은 출력파워를 얻을 수 있도록 구성된 EDFA (300)의 3단의 증폭기 구조로 형성되어 있다.
- <51> 또한, 이득 평탄화 필터(gain flattening filter, GFF)(400)가 DCRA(200)와 EDFA(300) 사이에 연결되어, 출력에서 이득이 평탄하도록 하였다.
- <52> 도 1에서, 제1단 증폭기(100)는 광섬유 커넥터(110), 광고립기(120), 어븀첨가 광섬유(EDF)(130), 커플러(140) 및 펌프 레이저 다이오드(150)를 포함한다.
- <53> EDF(130)는 광섬유 커넥터(110)를 통해 광을 수신하고, 펌프 LD(150)는 광을 펌핑시켜, 펌핑광을 커플러(140)를 통해 EDF(130)에 입사시켜 이득을 발생시킨다. 광고립기(120)는 EDF(130)로부터 광섬유 커넥터(110)로의 되반사(back-reflection)의 영향을 없애기 위해 연결된다.
- <54> 도 1에서는 후방향 펌핑 방법을 이용하고 있으나 전방향 펌핑 (forward pumping) 또는 양방향 펌핑 (bi-directional pumping) 등으로 펌핑 방법을 변화시킬 수 있다. 본 발명의 실시예에서 펌프광의 파장은 980nm로 하였다.
- <55> 도 1에서, 분산보상광섬유 증폭기(200)는 분산보상광섬유(DCF)(210), 커플러(220) 및 펌프 레이저 다이오드(230)를 포함한다.

- <56> DCF(210)는 단일모드 광섬유(single-mode fiber, 이하 SMF라 함)에서의 분산 보상을 위해 사용된다. 이때, DCF(210)의 길이는 전송시의 하나의 스패 (1-span)의 길이에 의해 결정되며, DCF 모듈을 바꾸어 넣을 수 있도록 광섬유 커넥터로 연결되었다.
- <57> 펌프 LD(230)는 신호광이 라만(Raman) 이득을 얻을 수 있는 적절한 펌프 파장과 광파워를 가지며, 1개 또는 수 개의 파장을 가질 수 있다.
- <58> 본 발명의 실시예에서 펌프 LD는 소극기 (depolarizer)를 이용하거나, 같은 파장의 서로 다른 편광을 가지는 2개의 LD를 편광 빔 결합기(polarization beam combiner; PBC)를 이용하여 결합함으로써 라만 이득의 편광의존성이 없도록 하였다.
- <59> 펌프 LD(230)에서 나온 펌프광은 커플러(220)를 통하여 DCF(210)로 입사되며, 이 때 신호광은 라만 이득을 얻어 출력된다.
- <60> 도 1에서, EDFA(300)는 펌프 LD(320, 350), EDF(330), 커플러(310, 340)를 포함한다.
- <61> EDF(330)는 펌프 LD(320, 350)에 의하여 펌핑되며, 펌프 LD(320, 350)에서 나온 펌프광은 각각 커플러(310, 340)를 통하여 EDF(330)로 입사된다. 도 1에서, EDFA(300)는 양방향 펌핑 방법을 이용하고 있으나 전방향 펌핑 (forward pumping) 또는 후방향 펌핑 (backward-pumping)만을 이용한 펌핑 방법을 이용할 수 있다. 본 발명의 실시예에서 펌프 LD(320)는 980nm, 펌프 LD(350)는 1480nm 파장을 이용하였다.
- <62> 도 1에서 설명한 광섬유 증폭기는 입력 파워의 변화에 따라 신호광이 얻는 이득이 달라지므로 자동 이득 제어 (automatic gain control)가 필요하게 된다.
- <63> 도 2는 자동 이득 제어 기능을 가지는 본 발명의 제1 실시예에 따른 광섬유 증폭기의 구조를 나타내는 도면이다.

- <64> 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 광섬유 증폭기는 제1단 증폭기인 EDFA(100), 제2단 증폭기인 분산보상 라만 증폭기(DCRA)(200), 제3단 증폭기인 EDFA (300), 이득 평탄화 필터(GFF)(400)와 자동 이득 제어부(500)를 포함한다.
- <65> 본 발명의 제1 실시예에 따른, EDFA(100), DCRA(200), EDFA(300) 및 이득 평탄화 필터(400)의 기능 및 역할은 도 1에서 설명한 기능 및 역할과 거의 동일하며, 이하에서는 중복되는 설명은 생략한다.
- <66> 도 2에서, 자동 이득 제어부(500)는 탭(510), 광 검출기(photo detector; 'PD')(520), 제어부(530) 및 룩업 테이블(540)을 포함한다.
- <67> 광섬유 커넥터(110)를 통해 입사되는 입력광 중 일부가 탭(510)을 통해 자동 이득 제어부(500)로 입력된다. 광 검출기(520)는 탭(510)을 통해 입력되는 광의 파워에 대응하는 전기신호를 출력한다. 도 2에서, L1은 탭(510)에서 광 검출기(520)로 연결되고 광신호가 전달되는 광섬유이고, L2는 전기신호가 전달되는 신호선이다.
- <68> 제어부(530)는 광 검출기(520)로부터 출력되는 전기신호를 수신하고, 입력 광파워에 대응하는 전기 신호에 기초하여 입력 광이 변화하였는지 여부를 판정한다. 룩업 테이블(540)은 제어부(530)에 입력되는 전기 신호 값에 대응하는 펌프 LD의 구동 전류 값을 저장하고 있다.
- <69> 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 이득 제어 방법을 나타내는 플로차트이다.
- <70> 도3에 도시한 바와 같이, 먼저 제어부(530)는 입력 파워의 변화를 모니터링하고(S100), 룩업 테이블(540)을 검색하여 변화된 입력 파워에 해당하는 펌프파워를 찾아낸다. (S120) 그리고, DCF의 전이시간(광이 DCF를 통과하는데 걸리는 시간)에 해당하는 시간만큼 지연시킨 후 (S130), 룩업테이블(540)로부터 검색한 펌프 파워에 기초하여 펌프 레이저 다이오드

(230,320,350)의 펌프 파워를 조절한다.(S140) 그리고, 제어부는 상기한 이득 제어 방법을 반복적으로 수행한다. (S150)

<71> 본 발명의 제1 실시예에 따른 이득 제어 방법을 보다 구체적으로 설명하면, 제어부(530)가 입력 신호가 변한 것으로 판단한 경우, 변화된 입력 값에 맞는 펌프 LD(230,320,350)의 구동 전류를 룩업 테이블(540)로부터 읽어온다. 그리고, 제어부(530)는 분산보상섬유(210)를 신호 광이 통과하는 시간(전이시간) 만큼 지연시킨 후, 룩업 테이블(540)로부터 읽어온 펌프 전류 값에 따라 펌프 LD(230,320,350)를 구동한다. 이 때, 본 발명의 제1 실시예에 따르면, 전단 증폭기(100)의 펌프 LD의 파워는 조절하지 않고, DCRA(200)의 펌프 LD(230)와 EDFA(300)의 펌프 LD(320,350)만을 조절한다. 또한, 본 발명의 제1 실시예에 따르면, 입력 광파워의 특정 영역(range)에서는 제1단 증폭기(100)의 펌프 LD의 파워와 DCRA(200)의 펌프 LD(230)의 파워를 고정시킨 채, EDFA(300)의 펌프 LD(320,350)만을 조절하여 전체적인 이득을 제어할 수도 있다.

<72> 본 발명의 제1 실시예에 따르면, 탭(510)과 광 검출기(520)와 같은 장치를 전단 증폭기(100)의 출력, DCRA(200)의 입출력, EDFA(300)의 입출력에 연결하여 각 위치에서의 광파워를 모니터 할 수도 있다.

<73> 도 4는 자동 이득 제어 기능을 동작시키지 않을 때의 출력에서의 과도응답특성을 나타내고, 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따라 자동 이득 제어 기능을 동작시킬 때의 출력에서의 과도응답특성을 보이고 있다.

<74> 도4 및 도 5에서, 입력 채널 수를 80개에서 40개로 (3dB 감소) 또는 40개에서 80개로 (3dB 증가)로 변화시켰으며, 이 때의 입력 파워는 채널당 -21dBm으로 하였다.

- <75> 도 4는 입력 채널 수가 3dB 증가 또는 감소 되었을 때 제1 단, 제2 단(DCRA), 제3 단(EDFA)의 각 단의 출력의 남아 있는 채널(surviving channel)에서의 과도응답특성을 보이고 있다. 도 4로부터, 채널을 감소(drop)시킨 후에 남아 있는 채널의 출력이 커지는 것을 알 수 있다.
- <76> 도 4에서, 제1 단의 출력은 채널 감소(drop)가 발생한 후 즉각적으로 출력이 변하기 시작하여 어느 정도 시간이 경과된 후, 일정한 값에 이르게 된다. 이에 비해, DCRA(제2단)와 EDFA(제3단)의 출력은 채널 감소(drop)가 발생한 후 출력이 변하기 시작할 때까지 시간 지연이 있는데, 이것이 신호광의 DCF에서의 전이 시간(즉, 신호광이 DCF를 통과하는데 걸리는 시간)에 해당한다. EDFA(제3단)의 출력이 하이브리드 광섬유 증폭기(HFA)의 최종 출력인데, 입력이 3dB 감소될 때 남아 있는 채널의 출력 변화는 2.2 dB에 이르는 것을 볼 수 있다. 이러한 출력 변화는 전송에 영향을 끼쳐 전송을 불가능하게 만든다.
- <77> 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따라 자동 이득 제어 기능을 동작시켰을 때 출력에서의 과도응답특성을 보이고 있다. 도 4에서와 마찬가지로 입력 채널 수는 3dB 감소 또는 증가되었다.
- <78> 도 5에서, 제1단 증폭기의 펌프 파워는 변화가 없으므로 제1단의 출력 역시 도 4의 결과와 같다. 또한, 도5의 실험에서는 DCRA(제2단)의 펌프 파워를 고정시켰으며, 이에 따라 DCRA(제2단)의 출력 모양 또한 도 4의 결과와 같게 된다.
- <79> 본 발명의 실시예에 따르면, 채널 감소(drop)가 발생한 후 출력이 변하기 시작할 때까지의 시간 지연을 고려하여, 펌프 LD의 이득을 제어하기 때문에, 남아 있는 채널의 출력 모양은 도 5와 같이 된다. 도 5로부터, 3dB 입력이 변할 때 남아 있는 채널의 출력 변화는 $\pm 0.5\text{dB}$ 이하로서 이득이 조절되어 과도응답특성이 성공적으로 억제되었음을 확인할 수 있다.

- <80> 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따라 자동이득제어 기능이 동작하는 광섬유 증폭기에서의 이득(G)과 잡음지수(NF)를 측정한 도면이다.
- <81> 도 6에서는 입력이 -2dBm일 때 이득과 잡음지수(NF)를 측정한 값이다. 도6에서, 이득 값은 채널에 따라 대략 25dB를 가지며, +/-0.5dB 이하의 편차를 가진다. 그리고, NF는 5dB이하의 값을 가졌다.
- <82> 채널 수가 3dB 감소되어 입력이 -5dBm인 경우, 이득 값은 감소 전과 마찬가지로 일정하나, NF값은 낮아진 것을 볼 수 있다. 다시 입력 채널수가 3dB 감소(drop)되어 입력이 -8dBm인 경우, 역시 이득값은 앞의 경우와 동일하나, NF는 더 작아짐을 알 수 있다.
- <83> 이 결과는 앞에서 설명한 제1단의 펌프 파워를 고정시킨 채, DCRA와 EDFA의 펌프 파워만을 조절하는 본 발명에서 제시하는 자동 이득 제어 방법의 장점을 잘 보여주고 있다. 즉, 일정한 이득 값을 얻으면서, 감소 후에 남아 있는 채널에서는 더 작은 NF 값을 얻을 수 있다.
- <84> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 이득 제어 방법은 EDFA에서 이득 블록 별로 따로 자동 이득 제어 회로에 의하여 제어하는 방법 (K. Motoshima 등)에 비하여 다음과 같은 장점을 가진다.
- <85> 첫째, 광섬유 증폭기의 입력만을 모니터하여 자동 이득 제어를 수행하기 때문에, 각 이득블록 별로 따로 입출력을 모니터하는 종래의 기술보다 회로가 간단하다는 장점이 있다.
- <86> 둘째, DCF에서의 전이 시간을 이용하여 신호광의 도착 시간에 맞추어 제 2단과 제 3단의 펌프 파워를 조절하므로, 빠른 속도의 제어 회로가 필요없이 출력에서의 과도응답 특성(transient effects)을 충분히 억제시킬 수 있다.

- <87> 기존의 EDFA에서는 신호광이 이득 블록에 도달한 후, 제어부에서 연산을 시작하여 펌프 파워를 조절할 때까지 시간 지연이 생기므로 빠른 속도의 제어 회로를 이용하지 않으면 과도응답 특성이 상대적으로 크게 나타날 수밖에 없으며, 이를 향상시키기 위하여 응답속도가 대단히 빠른 제어부 또는 자동 이득 제어 회로를 이용하여야 하였다.
- <88> 셋째, 제1 단의 펌프 파워가 고정되어 있으므로, 입력 채널 수가 줄어드는 경우에 제1 단의 이득은 커지고, 이에 따라 제1 단의 잡음지수는 더 작아진다. 따라서 채널의 감소(drop) 후 남아 있는 채널(surviving channel)들은 3단의 증폭기를 모두 통과한 후의 전체 잡음지수(NF)가 더 작아지기 때문에, 남아 있는 채널에 대해서는 더 작은 잡음지수의 증폭기로 동작하게 된다.
- <89> 도 7은 자동 출력 파워 레벨 제어 기능을 가지는 본 발명의 제2 실시예에 따른 광섬유 증폭기의 구조를 나타내는 도면이다.
- <90> 도 7에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제2 실시예에 따른 광섬유 증폭기는 제1단 증폭기인 EDFA(100), 제2단 증폭기인 분산보상 라만 증폭기(DCRA)(200), 제3단 증폭기인 EDFA (300), 이득 평탄화 필터(GFF)(400)와 자동 출력 파워 레벨 제어부(600)를 포함한다.
- <91> 본 발명의 제1 실시예에 따른, EDFA(100), DCRA(200), EDFA(300) 및 이득 평탄화 필터(400)의 기능 및 역할은 도 1에서 설명한 기능 및 역할과 거의 동일하며, 이하에서는 중복되는 설명은 생략한다.
- <92> 도 7에서, 자동 출력 파워 레벨 제어부(600)는 탭(610), 광 필터(620), 광 검출기(630), 제어부(640) 및 룩업 테이블(650)을 포함한다.

- <93> 광섬유 커넥터(110)를 통해 입사되는 입력광 중 일부가 탭(610)을 통해 자동 출력 파워 레벨 제어부(600)로 입력된다. 광 필터(620)는 탭(610)에서 분리된 입력 광파워를 필터링하여, 특정 파장의 광파워 만을 통과시킨다. 이 때의 광필터(620)에 의해 필터링되는 특정 파장은 신호 채널들 중의 하나이거나, 이전 스패(span)의 광증폭기에서 부가적으로 보내준 신호광 밴드 이외의 파장일 수도 있다.
- <94> 여기서, 탭(610))과 광필터(620)는 두 가지 기능을 동시에 수행할 수 있는 WDM(wavelength division multiplexing) 커플러로 대체될 수도 있다.
- <95> 광 검출기(630)는 광필터(620)를 통과한 특정 파장의 광파워에 대응하는 전기신호를 출력한다.
- <96> 제어부(640)는 광 검출기(630)로부터 출력되는 특정 입력 채널의 광파워에 대응하는 전기신호를 수신하고, 수신된 전기 신호에 기초하여 특정 입력 채널의 입력 광이 변화하였는지 여부를 판정한다. 룩업 테이블(650)은 제어부(640)에 입력되는 전기 신호 값에 대응하는 펌프 LD의 구동 전류 값을 저장하고 있다.
- <97> 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 자동 출력 레벨 제어 방법을 나타내는 도면이다.
- <98> 도 8에 도시한 바와 같이, 먼저 제어부(640)는 특정 입력 채널의 파워 변화를 모니터링 하고(S200), 룩업 테이블(540)을 검색하여 변화된 특정 입력 채널 파워에 해당하는 펌프파워를 찾아낸다. (S210) 그리고, DCF의 전이시간(광이 DCF를 통과하는데 걸리는 시간)에 해당하는 시간만큼 지연시킨 후(S220), 룩업테이블(650)로부터 검색한 펌프 파워에 기초하여 펌프 LD의 펌프 파워를 조절한다. (S230) 그리고, 제어부는 상기한 이득 제어 방법을 반복적으로 수행한다. (S240)

<99> 본 발명의 제2 실시예에 따른 출력 레벨 제어 방법을 보다 구체적으로 설명하면, 제어부(640)가 특정 채널의 파워에 대응하는 입력 신호가 변한 것으로 판단한 경우, 변화된 입력 값에 맞는 펌프 LD(230,320,350)의 구동 전류를 룩업 테이블(650)로부터 읽어온다. 그리고, 제어부(640)는 분산보상섬유(210)를 신호 광이 통과하는 시간(전이시간) 만큼 지연시켜, 룩업 테이블(650)로부터 읽어온 펌프 전류 값에 따라 펌프 LD(230,320,350)를 구동한다. 이 때, 본 발명의 제2 실시예에 따르면, 전단 증폭기(100)의 펌프 LD의 파워는 조절하지 않고, DCRA(200)의 펌프 LD(230)와 EDFA(300)의 펌프 LD만을 조절한다. 또한, 본 발명의 제2 실시예에 따르면, 입력 광파워의 특정 영역(range)에서는 제1단 증폭기(100)의 펌프 LD의 파워와 EDFA(300)의 펌프 LD(320,350)의 파워를 고정시킨 채, DCRA(200)의 펌프 LD(230)만을 조절하여 전체적인 출력 파워 레벨을 제어할 수도 있다.

<100> 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따라 자동 출력 레벨 제어 기능이 동작하는 광섬유 증폭기에서의 이득(G)과 잡음지수(NF)를 보이고 있다.

<101> 입력이 -2dBm (80채널, 채널 당 -21dBm)일 때를 기준으로 보면, 이득은 25 dB, NF는 5dB 이하로 측정된다. 따라서 출력은 23dBm 즉, 채널당 4dBm으로 측정되었다. 스팬 손실이 변화하여 입력이 +1dBm (채널당 -18dBm)으로 변화했을 때 이득은 22dB로 측정되었으며, NF는 조금 나빠졌다. 이 때 출력은 앞의 경우와 마찬가지로 23dBm이며 채널당 4dBm이 유지되었다. 스팬 손실이 변화하여 입력이 -8dBm (채널당 -27dBm)으로 변화하였을 때 이득은 31dB이며 NF는 더 좋아졌다. 이 때 출력은 23dBm으로 채널당 4dBm으로 앞서서와 같았다. 이 실험에서, 제1 단의 증폭기와 제3 단의 증폭기의 펌프파워는 변화시키지 않았으며, 제2 단의 증폭기인 DCRA(200)의 펌프파워만을 변화시켰다. 각 경우에서 이득의 편차는 +/-0.5dB로 이득 평탄도 (gain flatness)가 잘 유지되는 것을 볼 수 있다. 즉, 스팬 손실의 변화가 +3 ~ -6 dB로 상당히 큰

값이고, DCRA의 펌프파워만을 조절하였음에도 불구하고 이득 평탄도가 잘 유지되고, 일정한 채널당 출력을 얻을 수 있다.

<102> 이상에서는 본 발명의 실시예에 대해서 설명하였으나, 본 발명은 상기한 설명에만 한정되는 것은 아니며, 그 외의 다양한 변경이나 변형이 가능하다.

<103> 예컨대, 본 발명의 실시예에서 설명한 자동 이득 제어 기능과 자동 출력 레벨 제어 기능을 동시에 구현할 수도 있는데, 이 경우에는 도 2 및 도 7에 도시한 회로도를 통합하면 된다. 이러한 통합 구성은 본 발명에 속하는 기술분야의 전문가라면 입력 부분에 소자 등의 연결을 통하여 쉽게 구성할 수 있음을 알 수 있다.

<104> 또한, 본 발명의 실시예에서는 제1단 및 제3단 증폭기로서 EDFA를 사용하였으나, 그 외의 증폭기 예컨대, 희토류 첨가 광섬유 증폭기, 라만 증폭기, 반도체 증폭기, 도파로 증폭기, 파라메트릭(Parametric) 증폭기 등을 사용할 수도 있다.

【발명의 효과】

<105> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면 제1단 증폭기의 펌프파워를 조절하지 않고 제2단 또는 제3단 증폭기의 펌프 파워만을 조절하여 AGC, ALC의 기능을 구현할 수 있도록 하였다.

<106> 또한, 분산보상광섬유의 전이시간 만큼을 지연시켜 제2단 또는 제3단 증폭기의 펌프파워를 조절하기 때문에, 빠른 응답속도의 제어회로를 이용하지 않으면서도, 출력에서의 과도응답 특성을 충분히 감소시킬 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기;

제 2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제1단 증폭기의 출력 광을 수신하여 라만 이득을 발생시키는 제2단 증폭기;

제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기; 및

상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 입력 광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 이득을 얻도록 하는 자동 이득 제어부를 포함하는 광섬유 증폭기.

【청구항 2】

제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기;

제 2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제1단 증폭기의 출력광을 수신하여 라만이득을 발생시키는 제2단 증폭기;

제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기; 및

상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 특정 채널의 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 특정 채널의 입력광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 출력 파워 레벨을 얻도록 하는 자동 출력 파워 레벨 제어부를 포함하는 광섬유 증폭기.

【청구항 3】

제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기;

제 2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제1단 증폭기의 출력 광을 수신하여 라만 이득을 발생시키는 제2단 증폭기;

제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며, 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기;

상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 입력 광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 이득을 얻도록 하는 자동 이득 제어부; 및

상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하여 특정 채널의 입력 광파워의 변화여부를 체크하고, 특정 채널의 입력광 파워의 변화시 상기 제1단 증폭기

의 상기 제1 펌프 레이저 다이오드의 펌프 광을 고정시킨 채 상기 제2단 증폭기의 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3단 증폭기의 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 출력 파워 레벨을 얻도록 하는 자동 출력 파워 레벨 제어부를 포함하는 광섬유 증폭기.

【청구항 4】

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 광섬유는 분산보상 광섬유인 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기.

【청구항 5】

제4항에 있어서,

상기 제1 광섬유 또는 상기 제3 광섬유는 어븀첨가 광섬유인 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기.

【청구항 6】

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2단 증폭기와 상기 제3단 증폭기 사이에 연결되며, 출력의 이득이 평탄하도록 하는 이득 평탄화 필터를 추가로 포함하는 광섬유 증폭기.

【청구항 7】

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 자동 이득 제어부는

상기 제1단 증폭기의 입력 광의 일부를 수신하여, 입력되는 광의 파워에 대응하는 전기 신호를 출력하는 광 검출기; 및

상기 광 검출기로부터 출력되는 전기신호에 기초하여 입력 광 파워의 변화여부를 체크하고, 변화된 입력 광의 파워에 대응하는 펌프 파워로 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 제어부를 포함하는 광섬유 증폭기.

【청구항 8】

제7항에 있어서,

상기 제2 광섬유는 분산보상 광섬유이며,

상기 제어부는 상기 분산보상 광섬유의 전이시간 만큼을 지연시켜, 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기.

【청구항 9】

제7항에 있어서,

상기 자동이득 제어부는

상기 제어부에 입력되는 전기 신호값에 대응하는 펌프 레이저 다이오드의 구동 전류 값을 저장하고 있는 룩업 테이블을 추가로 포함하며,

상기 제어부는 상기 광 검출기로부터 출력되는 전기신호가 변한 것으로 판단된 경우, 상기 전기신호 값에 대응하는 펌프 레이저 다이오드의 구동 전류값을 상기 룩업 테이블로부터 검색하여, 검색된 구동 전류 값을 기초로 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기.

【청구항 10】

제2항에 있어서,

상기 자동 출력 파워 레벨 제어부는

상기 제1단 증폭기의 입력 광의 일부를 수신하여 특정 채널의 광을 필터링하는 광필터;

상기 광필터로부터 출력되는 특정 채널의 광 파워에 대응하는 전기신호를 출력하는 광 검출기; 및

상기 광 검출기로부터 출력되는 특정 채널의 광의 파워에 대응하는 전기신호에 기초하여 특정 채널의 광 파워의 변화여부를 체크하고, 변화된 특정 채널의 광 파워에 대응하는 펌프 파워로 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 제어부를 포함하는 광섬유 증폭기.

【청구항 11】

제10항에 있어서,

상기 제2 광섬유는 분산보상 광섬유이며,

상기 제어부는 상기 분산보상 광섬유의 전이시간만큼을 지연시켜, 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기.

【청구항 12】

제10항에 있어서,

상기 제어부에 입력되는 전기 신호값에 대응하는 펌프 레이저 다이오드의 구동 전류 값을 저장하고 있는 룩업 테이블을 추가로 포함하며,

상기 제어부는 상기 광 검출기로부터 출력되는 전기신호가 변한 것으로 판단된 경우, 입력 전기신호 값에 대응하는 펌프 레이저 다이오드의 구동 전류 값을 상기 룩업 테이블로부터

검색하여, 검색된 구동 전류 값을 기초로 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기.

【청구항 13】

제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기, 제2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제1단 증폭기의 출력광을 수신하여 라만이득을 발생시키는 제2단 증폭기, 및 제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제2 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법에 있어서,

(a) 상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 입력 파워의 변화를 모니터링하는 단계;

(b) 변화된 입력 파워에 해당하는 펌프 파워를 구하는 단계; 및

(c) 상기 구해진 펌프 파워에 기초하여 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 이득을 얻도록 하는 단계를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법.

【청구항 14】

제1 광섬유와 제1 펌프 레이저 다이오드를 가지며 입력 광을 소정 이득으로 증폭하는 제1단 증폭기, 제2 광섬유와 제2 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제1단 증폭기의 출력광을 수신하여 라만이득을 발생시키는 제2단 증폭기, 및 제3 광섬유와 제3 펌프 레이저 다이오드를 가지며 상기 제2단 증폭기로부터 출력되는 광을 소정 이득으로 증폭하는 제3단 증폭기를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법에 있어서,

(a) 상기 제1단 증폭기에 입력되는 특정 채널의 광의 입력 파워의 변화를 모니터링하는 단계;

(b) 변화된 특정 채널의 광의 입력 파워에 해당하는 펌프 파워를 구하는 단계; 및

(c) 상기 구해진 펌프 파워에 기초하여 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드의 펌프 파워를 제어하여 일정한 출력 파워 레벨을 얻도록 하는 단계를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법.

【청구항 15】

제13항 또는 제14항에 있어서,

상기 제2 광섬유는 분산보상 광섬유이며,

상기 단계 (c)는 상기 분산보상 광섬유의 전이시간 만큼을 지연시켜, 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기의 제어방법.

【청구항 16】

제13항에 있어서,

상기 단계 (a)는

상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하는 단계;

상기 단계에서 입력되는 광의 파워에 대응하는 전기신호를 출력하는 단계; 및

상기 출력되는 전기신호 값에 기초하여 입력 광 파워의 변화여부를 체크하는 단계를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법.

【청구항 17】

제14항에 있어서,

상기 단계 (a)는

상기 제1단 증폭기에 입력되는 광의 일부를 수신하는 단계;

상기 수신된 광 중 특정 채널의 광을 필터링하는 단계;

상기 필터링된 특정 채널의 광의 파워에 대응하는 전기신호를 출력하는 단계; 및

상기 출력되는 전기신호 값에 기초하여 특정 채널의 입력 광 파워의 변화여부를 체크하는 단계를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법.

【청구항 18】

제16항 또는 제17항에 있어서,

상기 단계 (b)는

입력된 전기 신호 값이 변했는지 여부를 체크하는 단계; 및

입력된 전기 신호 값이 변한 경우, 룩업 테이블로부터 상기 전기 신호 값에 대응하는 펌프 레이저 다이오드의 구동 전류 값을 검색하는 단계를 포함하는 광섬유 증폭기의 제어방법.

【청구항 19】

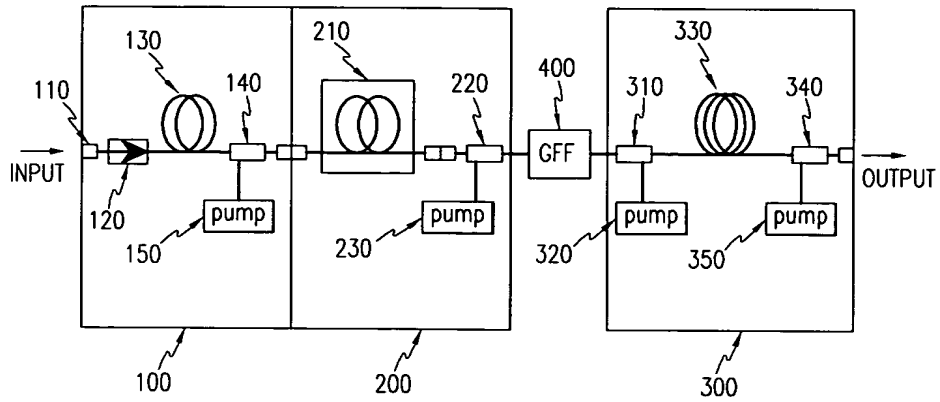
제18항에 있어서,

상기 단계 (c)는

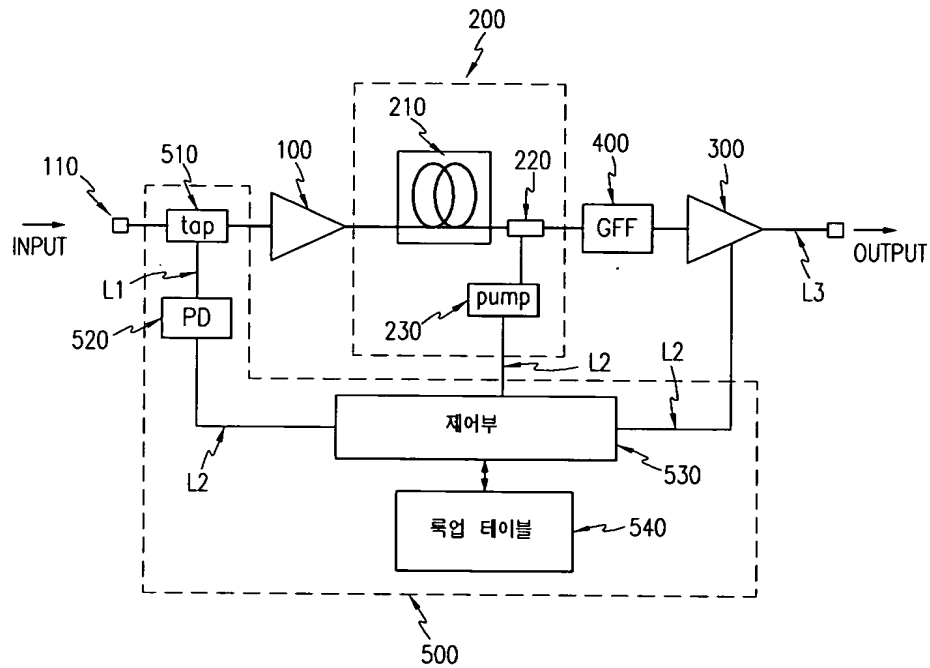
상기 룩업 테이블로부터 검색한 구동 전류 값을 기초로 상기 제2 펌프 레이저 다이오드 또는 상기 제3 펌프 레이저 다이오드를 제어하는 것을 특징으로 하는 광섬유 증폭기의 제어방법.

【도면】

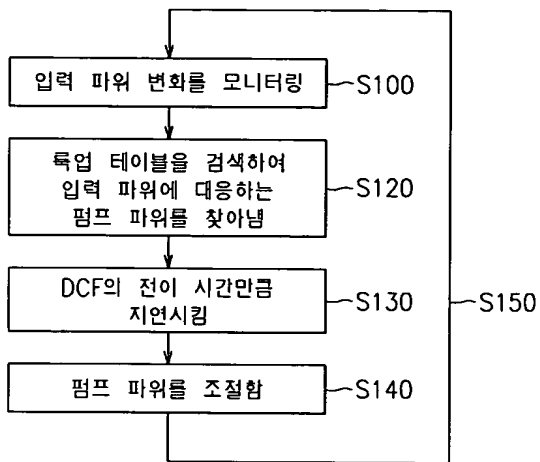
【도 1】



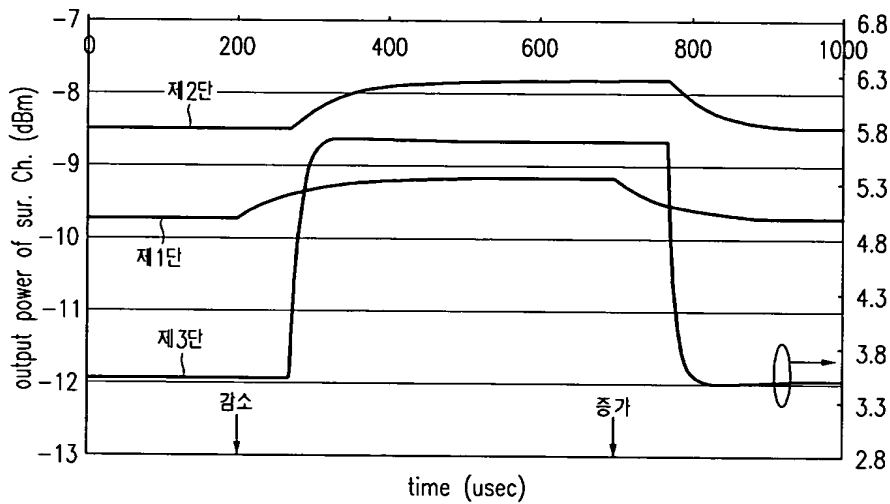
【도 2】



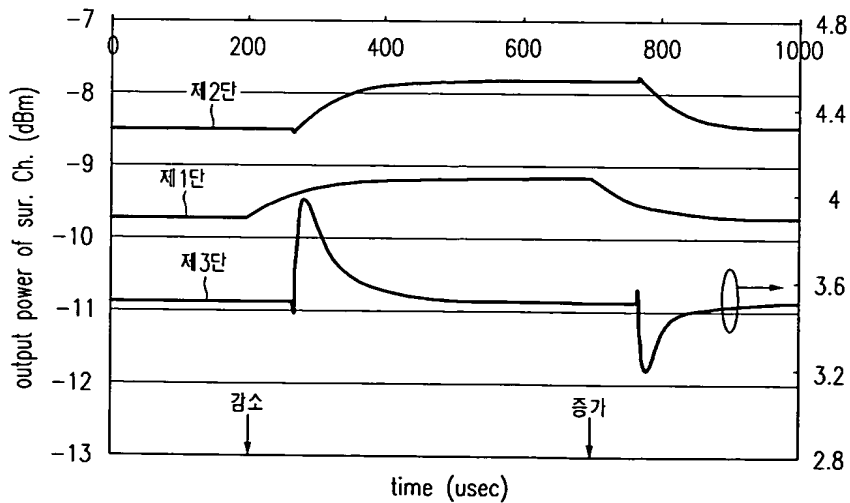
【도 3】



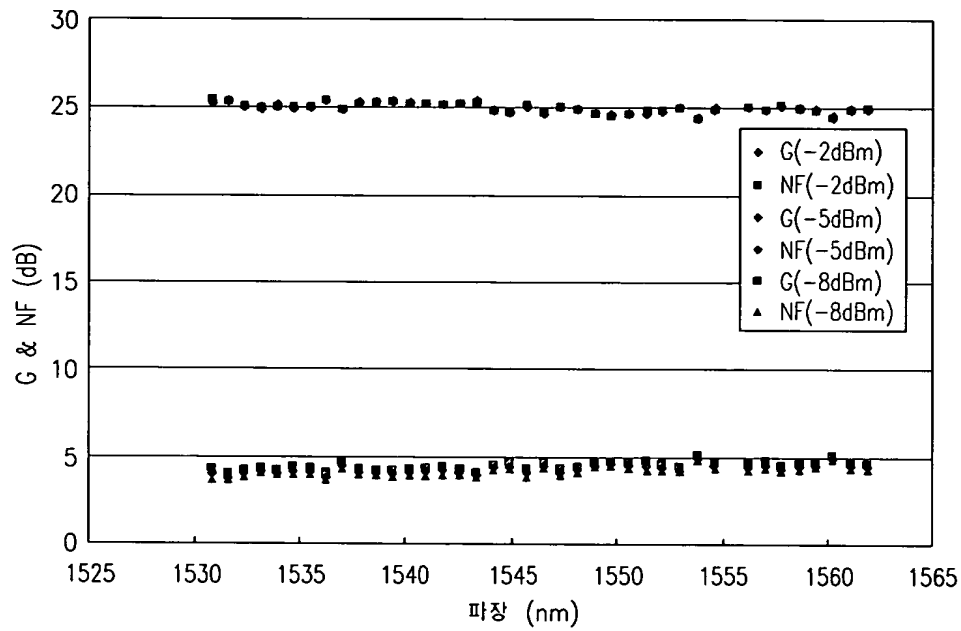
【도 4】



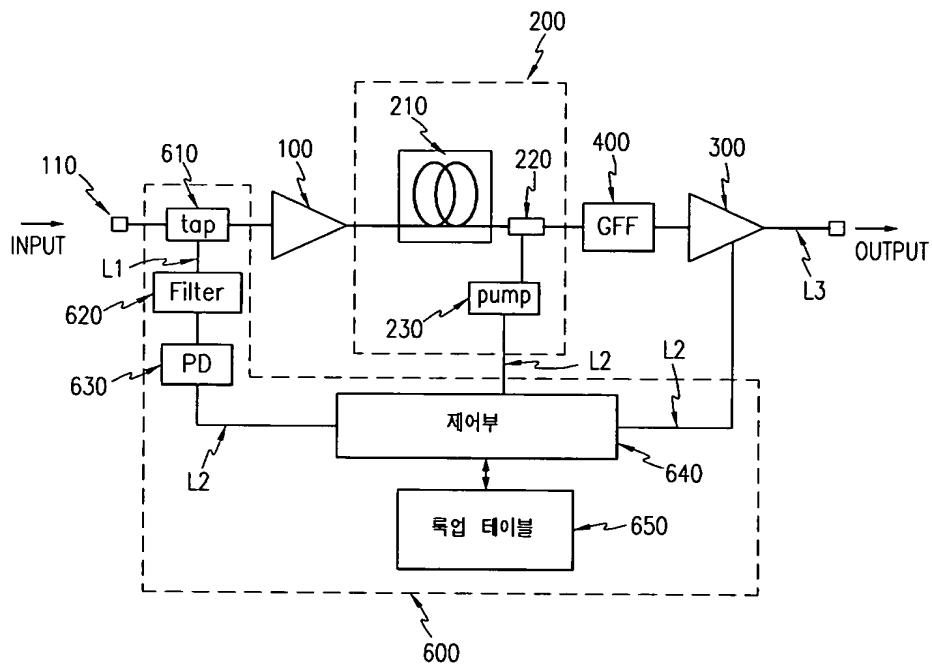
【도 5】



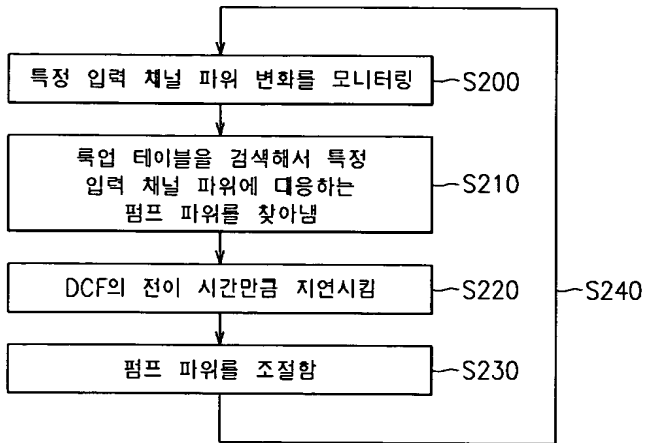
【도 6】



【도 7】



【도 8】



【도 9】

